



Рис. 4. Поле давлений

Выполнение численного эксперимента позволит найти функцию регулирования температуры уходящих газов от температуры наружного воздуха, термического сопротивления ограждающих конструкций трубы, скорости и влажности продуктов сгорания на входе в дымовую трубу при отсутствии конденсатообразования. Эффект от внедрения подобного регулирования был оценен в работе [3]. Для определения степени влияния факторов на искомую функцию и вывода регрессионного уравнения планируется полный факторный эксперимент [4]. Описание поведения и прогнозирование состояния сложных технических объектов затруднено отсутствием достаточного количества математических моделей. В ряде случаев простым выходом из ситуации является использование регрессионных закономерностей, получаемых в ходе планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент является наиболее легко реализуемым среди многочисленных методов активного эксперимента.

Библиографический список

1. Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision Версия 2.5.4. Руководство пользователя. ООО «ТЕСИС». М., 1999-2008. 284 с.
2. Дужих Ф.П., Осоловский В. П., Ладыгичев М. Г. Промышленные и вентиляционные трубы: Справ. пособие. М.: Теплотехник, 2004. 464 с.
3. Хворенков Д.А., Диденко В.Н., Варфоломеева О.И. Сравнительная оценка эффективности применения теплоизолированных стальных дымовых труб при использовании схемы с утилизацией теплоты продуктов сгорания // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды. 2009. С. 450-453.
4. Хамханов К.М Основы планирования эксперимента. Методическое пособие для студентов специальностей 190800 «Метрология и метрологическое обеспечение» и 072000 «Стандартизация и сертификация». Улан-Удэ, 2001. 94 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКТОРА

Вольман М.А., Чусов А.О.

*Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина
maria_volman@mail.ru*

Горячий реактор в отличие от холодного состояния обладает отрицательной температурной обратной связью по температуре топлива и теплоносителя. Кинетика реактора с сосредоточенными параметрами с учетом шести групп запаздывающих нейтронов представляет собой задачу Коши на основе системы взаимосвязанных нелинейных дифференциальных уравнений [1]:

$$\frac{dN(t)}{dt} = \frac{\rho - \beta}{\tau} N(t) + \sum \lambda_i N_i(t), \quad (1)$$

$$\frac{dN_i(t)}{dt} = \frac{\beta_i}{\tau} N(t) - \sum \lambda_i N_i(t), \quad (2)$$

$$m_u C_u \frac{dT_u}{dt} = N_T - kF(T_u - T_B), \quad (3)$$

$$m_B C_B \frac{dT_B}{dt} = kF(T_u - T_B) - \gamma_B C_B G(T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}}), \quad (4)$$

$$\rho = \delta\rho(t) + \alpha_1(T_B - T_B(0)) + \alpha_2(T_u - T_u(0)). \quad (5)$$

где $N(t)$ и ρ – число нейтронов реактора и его реактивность, β – суммарная доля запаздывающих нейтронов, τ – время жизни одного поколения мгновенных нейтронов, λ_i, N_i – постоянная распада и вклад в мощность ядер-предшественников соответствующей группы, порождающей запаздывающие нейтроны, m_u, m_B – масса топлива и теплоносителя, C_u, C_B – удельные теплоемкости топлива и теплоносителя при постоянном давлении, k – эффективный коэффициент теплопередачи от топлива к теплоносителю, F – эффективная поверхность теплообмена, γ_B, G – плотность теплоносителя на входе в зону и его расход, T_u, T_B – средние температуры топлива и теплоносителя, $T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}} = \Delta T$ – подогрев теплоносителя в активной зоне, $\delta\rho(t)$ – возмущение реактора скачком реактивности, α_1 и α_2 – коэффициенты реактивности по температуре теплоносителя и топлива, обеспечивающие саморегулирование.

В эту систему входят уравнения для нейтронной мощности реактора, шесть уравнений для запаздывающих нейтронов и два уравнения теплопередачи: для топлива и для теплоносителя. В качестве начальных условий задаются мощность реактора, вклад всех групп запаздывающих нейтронов, температуры топлива и теплоносителя, начальный скачок реактивности.

Реактор через систему трубопроводов связан с парогенератором, а он – с турбиной и оборудованием второго контура, поэтому в качестве гипотезы замыкания системы принято предположение о постоянстве температуры на входе в реактор.

Другой особенностью задачи является жесткость вышеназванной системы уравнений. Поэтому использованы алгоритмы интегрирования жестких дифференциальных уравнений [2].

Разработанная нами программа позволяет симулировать на компьютерной модели энергетического блока с реактором ВВЭР-1000 различные аварийные и переходные процессы, как на холодном реакторе, так и на реакторе в энергетических режимах.

В результате выполненного моделирования нами получены численные решения для следующих процессов:

- проанализирована динамика разгона реактора при внезапных скачках реактивности с любым заданным законом зависимости скачка реактивности от времени;
- динамика перехода с одного уровня мощности на другой;
- рассчитана кинетика глушения реактора с учетом конечного времени падения стержней СУЗ и соответствующего закона ввода отрицательной реактивности.

Точность численных решений оценена на примере разгона и глушения холодного реактора без температурных обратных связей в одnogрупповом приближении.

Библиографический список

1. Семенов В.К. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. Иваново, ИГЭУ, 2009.
2. Кирьянов Д.В. Mathcad 13 в подлиннике. СПб.: БХВ–Петербург, 2005.

К ВОПРОСУ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

*Воронов Г.В., Поляков Е.В.
УрФУ, e.polyakov_88@mail.ru*

Дуговая сталеплавильная печь является одним из наиболее перспективных агрегатов металлургического производства, позволяющая интенсифицировать производство металла и выпускать самые сложные марки сталей. Для достижения высокого качества стали ДСП, как правило, работает совместно с установкой печь-ковш (УПК). Полупродукт современной дуговой печи отправляется на установку отстой и далее на УПК для доводки металла до необходимого химического состава и температуры. Вновь вводимые ДСП следует рассматривать как комбинированные сталеплавильные агрегаты с различными видами энергоносителей: электрическая энергия, природный газ, кислород, коксовая пыль.

Совершенствование технологических процессов и тепловых режимов в дуговых печах позволит экономить не только энергоносители перечисленных категорий, но и повысит продолжительность работы электродов и огнеупорной футеровки. Данная тема является перспективной и актуальной ввиду увеличения доли производимого металла в дуговых печах. Решение поставленной задачи основывается на анализе работы действующей ДСП-120 расчетными методами с использованием алгоритмов и программ материальных и тепловых балансов, аэродинамики газовой среды в рабочем пространстве и гидродинамики в ванне.

Одним из способов снижения расхода энергоресурсов, повышения эффективности работы и износоустойчивости агрегата является своевременный контроль процесса и прогнозирование результатов. Для этого нами был создан программный продукт по прогнозу и анализу плавки. Производится расчет материального баланса ДСП-120 и установки печь-ковш. Следующим этапом расчета является тепловой баланс печи. Дальнейший этап – потери теплоты при транспортировке ковша до установки «отстой» и выдержки на ней. Далее следуют потери теплоты при транспортировке ковша до УПК и тепловой баланс установки. При получении данных результатов часть величин взята как константы – неизменные параметры, такие как низшая теплота сгорания природного газа. Другие необходимые параметры, отличающие каждую плавку, оператор должен ввести самостоятельно – это такие параметры, как масса загружаемого лома и целевая температура. После проведения этих действий программа в автоматическом режиме производит расчет вышеперечисленных параметров и